

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 34 15091 C1

⑳ Aktenzeichen: P 34 15 091.9-52
㉑ Anmeldetag: 21. 4. 84
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 7. 85

⑤ Int. Cl. 4:
G 01 B 21/00
G 01 B 11/02
G 01 B 21/22
G 01 B 11/26

DE 3415091 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉗ Patentinhaber:

Dr. Johannes Heidenhain GmbH, 8225 Traunreut, DE

㉘ Erfinder:

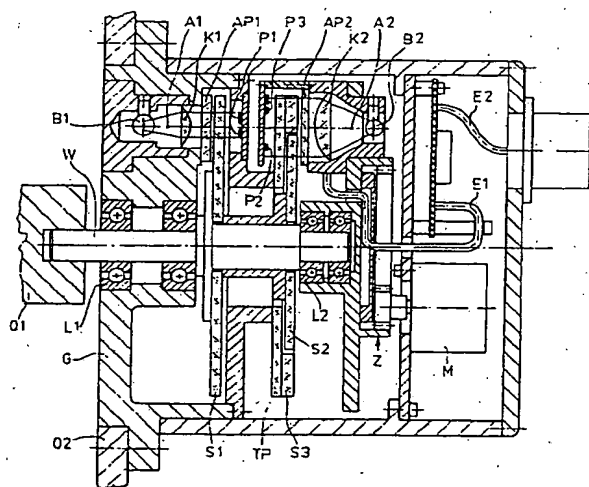
Burkhardt, Horst, Dr., 8221 Truchtlaching, DE

⑤⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-PS 19 64 381
DE-OS 16 73 887

⑤④ Positionsmeßeinrichtung

Bei einer Positionsmeßeinrichtung ist eine mit einem ersten Objekt (01) verbundene Welle (W) in einem mit einem zweiten Objekt (02) verbundenen Gehäuse (G) drehbar gelagert. Die Welle (W) trägt eine erste Teilscheibe (S1) mit einer ersten Teilung (T1) und eine zweite Teilscheibe (S2) mit einer der ersten Teilung (T1) absolut zugeordneten ersten Referenzmarke. Im Gehäuse (G) ist konzentrisch zu den beiden Teilscheiben (S1, S2) eine kreisringförmige dritte Teilscheibe (S3) mit einer zweiten Teilung (T2) sowie mit einer absolut zugeordneten zweiten Referenzmarke befestigt. Zur Abtastung der ersten Teilung (T1) ist eine gehäusefeste erste Abtasteinrichtung (A1) vorgesehen. Zur Abtastung der ersten Referenzmarke sowie der zweiten Teilung (T2) und der zweiten Referenzmarke ist eine zweite Abtasteinrichtung (A2) drehbar auf der Welle (W) gelagert. Zum Reproduzieren einer Bezugsposition nach unterbrochener Messung und Bewegung bei beliebiger unbekannter Momentanposition der Objekte (01, 02) zueinander ist die zweite Abtasteinrichtung (A2) zum Abtasten der zweiten Referenzmarke und der ersten Referenzmarke relativ zu den beiden Teilscheiben (S2, S3) schwenkbar. Der Winkel zwischen den beiden Referenzmarken wird mittels eines Zählers erfaßt (Figur 1).



DE 3415091 C1

Patentansprüche:

1. Positionsmeßeinrichtung zur Messung der Relativlage zweier zueinander beweglicher Objekte, bei der eine Teilung eines mit dem ersten Objekt verbundenen Teilungsträgers von einer mit dem zweiten Objekt verbundenen Abtasteinrichtung abtastbar ist, gekennzeichnet durch folgende Merkmale zum Reproduzieren einer Bezugsposition nach unterbrochener Messung und Bewegung bei beliebiger unbekannter Momentanposition der zu messenden Objekte zueinander:

- a) der mit der ersten Teilung (T_1) versehene erste Teilungsträger (S_1) ist mit einem zweiten Teilungsträger (S_2) fest verbunden, der wenigstens eine der ersten Teilung (T_1) absolut zugeordnete erste Referenzmarke (R_1) ($i = 1, 2, \dots, n$) aufweist;
- b) mit dem zweiten Objekt (O_2) ist ein dritter Teilungsträger (S_3) fest verbunden, der eine mit wenigstens einer zweiten Referenzmarke (R_2) versehene zweite Teilung (T_2) aufweist;
- c) zum Abtasten der wenigstens einen ersten Referenzmarke (R_1) des zweiten Teilungsträgers (S_2) und der mit der wenigstens einen zweiten Referenzmarke (R_2) versehenen zweiten Teilung (T_2) des dritten Teilungsträgers (S_3) ist eine zweite Abtasteinrichtung (A_2) relativ zum zweiten Teilungsträger (S_2) und relativ zum dritten Teilungsträger (S_3) verstellbar;
- d) der Verstellweg der zweiten Abtasteinrichtung (A_2) entsprechend dem Abstand zwischen der ersten Referenzmarke (R_1) und der zweiten Referenzmarke (R_2) ist registrierbar.

2. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- a) der zweite Teilungsträger (S_2) in Form einer zweiten Teilscheibe ist mit dem ersten Teilungsträger (S_1) in Form einer ersten Teilscheibe konzentrisch fest verbunden;
- b) der dritte Teilungsträger (S_3) in Form einer kreisringförmigen dritten Teilscheibe ist konzentrisch zur zweiten Teilscheibe (S_2) fest mit dem zweiten Objekt (O_2) verbunden;
- c) die zweite Abtasteinrichtung (A_2) ist konzentrisch zur zweiten Teilscheibe (S_2) und zur dritten Teilscheibe (S_3) mittels eines Antriebs (M, Z) verdrehbar.

3. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß den ersten Referenzmarken (R_1) jeweils erste Codemarken (C_1) und den zweiten Referenzmarken (R_2) jeweils zweite Codemarken (C_2) zugeordnet sind, wobei die Codemarken (C_1, C_2) die absoluten Positionswerte der zugehörigen Referenzmarken (R_1, R_2) in verschlüsselter Form enthalten.

4. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzmarken (R_1, R_2) jeweils aus einer Strichgruppe mit einer bestimmten unregelmäßigen Strichverteilung bestehen.

5. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Abtasteinrichtung

(A_2') zwei separate Abtastplatten (AP_2', AP_2'') aufweist.

6. Meßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite Teilungsträger (S_2) eine dritte Inkrementalteilung (T_3) aufweist.

7. Winkelmeßeinrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb (M, Z) aus einem Motor (M) und aus einem Getriebe (Z) besteht.

Die Erfindung betrifft eine Positionsmeßeinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 1.

Bei Positionsmeßeinrichtungen ist es zur Ermittlung von Bezugspositionen bekannt, relativ zueinander bewegliche Maschinenteile oder Meßsystemteile aus einer Ausgangsposition bis zu einer Referenzmarke zu verfahren, um den bis dort zurückgelegten Wert zu ermitteln und zu speichern oder die Referenzmarke zur Bezugsposition mit dem Wert »Null« zu erklären. Ein solches Verfahren ist mit einer inkrementalen Längen- oder Winkelmeßeinrichtung möglich, wie sie in der DE-PS 19 64 381 beschrieben wird. Dieses Verfahren erfordert aber eine ungehinderte Relativbeweglichkeit der zu messenden Objekte, da die Bauteile der Meßeinrichtung fest mit den zu messenden Objekten verbunden sind und gemeinsam mit diesen bis zu einer Referenzmarke verstellt werden müssen.

Aus der DE-OS 16 73 887 ist eine Meßeinrichtung bei einer Maschine bekannt, die bei einem auf dem Maschinenbett festgeklebten Maschinenschlitten die Ermittlung einer Bezugsposition erlaubt. Zuerst muß dort der Schlitten in diejenige Position gefahren werden, die später als Bezugsposition zu Null erklärt werden soll. Danach wird der Schlitten auf dem Maschinenbett festgeklemt. Anschließend wird die Abtastplatte der Meßeinrichtung relativ zum Maßstab verfahren, bis eine Referenzmarke erreicht ist. Bei Erreichen der Referenzmarke wird der elektronische Zähler der Meßeinrichtung auf den Wert Null gesetzt. Sodann kann die Klemmung für den Maschinenschlitten wieder gelöst und der Schlitten in die gewünschte Position gefahren werden. Die Lage der Referenzmarke stellt also die Bezugsposition für die weiteren Arbeitsgänge dar.

Die bekannten Verfahren zur Ermittlung einer als Ausgangslage definierten Bezugsposition, die vor den eigentlichen Arbeitsvorgängen erfolgt, sind mit den beschriebenen inkrementalen Meßeinrichtungen jedoch dann nicht mehr möglich, wenn bereits Arbeitsgänge erfolgt sind und beispielsweise laufende Arbeitsgänge unterbrochen werden. Diese Unterbrechung eines laufenden Arbeitsganges, beispielsweise bei einem Handhabungsautomaten — im allgemeinen als Industrieroboter bezeichnet — ist durch Stromausfall möglich. Der Roboter bleibt dann in seiner momentanen Position stehen; der auf seine ursprüngliche Bezugsposition bezogene Meßwert geht aber durch den Stromausfall verloren, da auch die Messung unterbrochen wurde. Zur Fortführung des unterbrochenen Arbeitsganges müßte jedoch die Bezugsposition bekannt sein. Eine Rückbewegung des Roboters aus seiner Momentanposition in die ursprüngliche Ausgangslage scheidet aber in der Regel aus, weil beispielsweise gerade ein Werkzeug im Eingriff ist.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Positionsmeßeinrichtung der genannten Gattung anzuge-

ben, die die Nachteile der bekannten Einrichtungen beseitigt und es ermöglicht, nach Verlust der Lageinformation in unbekannten Momentanpositionen ohne Bewegung der zu messenden Objekte eine Bezugsposition zu reproduzieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die vorgeschlagene Positionsmeßeinrichtung auf einfache und schnelle Weise die Reproduktion einer Bezugsposition nach unterbrochenen Messungen und Bewegungen aus unbekannten Momentanpositionen erlaubt, ohne daß die zu messenden Objekte bewegt werden müssen. Ein solches zu messendes Objekt in Form eines Werkzeuges kann somit bei einer Unterbrechung des Meßvorganges und des Bearbeitungsvorganges durch eine Störung im Eingriff am Werkstück verbleiben, so daß nach Behebung der Störung und Wiederermittlung der Bezugsposition der unterbrochene Bearbeitungsvorgang unverzüglich wieder fortgesetzt werden kann. Ein Zurückziehen des Werkzeuges von der Eingriffsstelle am Werkstück und ein erneutes genaues Wiederauffahren dieser Eingriffsstelle ist zeitaufwendig und schwierig und kann zu Beschädigungen des Werkstückes führen. Ferner sind beispielsweise bei Industrierobotern programmgesteuerte Überprüfungen der jeweiligen Bezugspositionen zwischen einzelnen Arbeitsabläufen möglich, wodurch die Betriebssicherheit derartiger Systeme erheblich erhöht wird.

Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung entnimmt man den Unteransprüchen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt

Fig. 1 eine Winkelmeßeinrichtung im Längsschnitt,

Fig. 2 eine Ansicht eines Ausschnittes einer zweiten Teilscheibe,

Fig. 3 eine Ansicht eines Ausschnittes einer dritten Teilscheibe,

Fig. 4 eine Ansicht einer zweiten Abtastplatte,

Fig. 5 eine weitere Winkelmeßeinrichtung im Längsschnitt,

Fig. 6 eine Ansicht eines Ausschnittes einer weiteren zweiten Teilscheibe,

Fig. 7 eine Ansicht eines Ausschnittes einer weiteren dritten Teilscheibe,

Fig. 8 eine Ansicht einer weiteren zweiten Abtastplatte und

Fig. 9 eine modifizierte Winkelmeßeinrichtung im Längsschnitt.

Die in Fig. 1 im Längsschnitt dargestellte inkrementale Winkelmeßeinrichtung ist mit einem Gehäuse *G* an einem zweiten zu messenden Objekt *O2*, beispielsweise an einem Gehäuse eines nicht gezeigten Industrieroboters befestigt. Im Inneren des Gehäuses *G* ist eine Welle *W* mittels Lager *L1* drehbar gelagert und trägt eine erste Teilscheibe *S1* mit einer ersten Inkrementalteilung *T1*, die lichtelektrisch von einer im Gehäuse *G* befestigten ersten Abtasteinrichtung *A1* abgetastet wird, die eine erste Beleuchtungseinheit *B1*, einen ersten Kondensor *K1*, eine erste Abtastplatte *AP1* mit zwei ersten Teilungsabtastfeldern sowie zwei erste Photoelemente *P1* aufweist. Die erste Inkrementalteilung *T1* in Form eines Radialgitters besteht für ein Durchlichtmeßverfahren aus lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Streifen, die abwechselnd aufeinander folgen. Der ersten Inkrementalteilung *T1* der ersten Teilscheibe *S1* sind auf der ersten Abtastplatte *AP1* die

beiden ersten Teilungsabtastfelder zugeordnet, die zur Erkennung der Drehrichtung der ersten Teilscheibe *S1* um ein Viertel der Teilungsperiode der ersten Inkrementalteilung *T1* zueinander versetzt sind; die Teilungen der beiden ersten Teilungsabtastfelder, denen jeweils ein erstes Photoelement *P1* zugeordnet ist, stimmen mit der ersten Inkrementalteilung *T1* überein. Die aus dem Gehäuse *G* herausragende Welle *W* ist mit einem ersten zu messenden Objekt *O1* in Form eines Armes des Industrieroboters verbunden.

Beim eigentlichen Meßvorgang wird bei einer Drehung der Welle *W* und damit der ersten Teilscheibe *S1* die erste Inkrementalteilung *T1* relativ zu den beiden ersten Teilungsabtastfeldern auf der gehäusefesten ersten Abtastplatte *AP1* gedreht. Der von der ersten Beleuchtungseinheit *B1* ausgehende Lichtstrom wird durch die relativ zueinander bewegten Teilungen der ersten Inkrementalteilung *T1* und der beiden ersten Teilungsabtastfelder moduliert und fällt auf die zugehörigen beiden ersten Photoelemente *P1*, die zwei um 90° zueinander phasenversetzte periodische Analogsignale liefern, die in einer nicht gezeigten Auswerteeinrichtung der Winkelmeßeinrichtung in Impulse umgeformt werden. Diese Impulse werden einem Zähler der Auswerteeinrichtung zur Zählung zugeführt und können in einer nachgeschalteten Anzeigeeinheit als Positionsmeßwerte in digitaler Form angezeigt oder direkt einer numerischen Steuereinrichtung des Industrieroboters zugeleitet werden.

An der Welle *W* ist konzentrisch zur ersten Teilscheibe *S1* eine zweite Teilscheibe *S2* mit einer der ersten Inkrementalteilung *T1* der ersten Teilscheibe *S1* absolut zugeordneten ersten Referenzmarke *R1* befestigt (Fig. 2). In der Ebene der zweiten Teilscheibe *S2* ist an ihrer Peripherie konzentrisch eine kreisringförmige dritte Teilscheibe *S3* angeordnet, die über eine transparente Trägerplatte *TP* am Gehäuse *G* befestigt ist und eine zweite Inkrementalteilung *T2* und eine der zweiten Inkrementalteilung *T2* absolut zugeordnete zweite Referenzmarke *R2* aufweist (Fig. 3).

Die erste Referenzmarke *R1* der zweiten Teilscheibe *S2* sowie die zweite Inkrementalteilung *T2* und die zweite Referenzmarke *R2* der dritten Teilscheibe *S3* werden ebenfalls lichtelektrisch von einer zweiten Abtasteinrichtung *A2* abgetastet, die eine zweite Beleuchtungseinheit *B2*, einen zweiten Kondensor *K2*, eine zweite Abtastplatte *AP2* sowie ein zweites Photoelement *P2* und dritte Photoelemente *P3* aufweist und im Gehäuse *G* auf der Welle *W* mittels Lager *L2* relativ zur zweiten Teilscheibe *S2* und zur dritten Teilscheibe *S3* drehbar gelagert ist.

Auf der zweiten Abtastplatte *AP2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* sind der zweiten Inkrementalteilung *T2* der dritten Teilscheibe *S3* zwei zweite Teilungsabtastfelder *TF21*, *TF22* zugeordnet, die jeweils um ein Viertel der Teilungsperiode der zugehörigen zweiten Inkrementalteilung *T2* zur Erkennung der Drehrichtung der zweiten Abtastplatte *AP2* zueinander versetzt sind; die Teilungen der beiden zweiten Teilungsabtastfelder *TF21*, *TF22* stimmen mit der zweiten Inkrementalteilung *T2* überein.

Die erste Referenzmarke *R1* der zweiten Teilscheibe *S2* und die zweite Referenzmarke *R2* der dritten Teilscheibe *S3* bestehen jeweils aus identischen Strichgruppen mit einer bestimmten unregelmäßigen Strichverteilung, denen auf der zweiten Abtastplatte *AP2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* ein erstes Referenzmarkenabtastfeld *RF1* und ein zweites Referenzmarkenabtast-

feld $RF2$ mit einer identischen Strichverteilung zugeordnet sind (Fig. 4). Dem ersten Referenzmarkenabtafstfeld $RF1$ auf der zweiten Abtastplatte $AP2$ sind ein zweites Photoelement $P2$ und den beiden zweiten Teilungsabtafstfeldern $TF21$, $TF22$ und dem zweiten Referenzmarkenabtafstfeld $RF2$ jeweils dritte Photoelemente $P3$ in der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ zugeordnet.

Bei einer inkrementalen Positionsmeßeinrichtung ist es von großer Bedeutung, zu Beginn einer Messung eine Bezugsposition für die erste Teilscheibe $S1$ zu bestimmen, die als Ausgangsposition für die Messungen dient und die auch nach Störfällen wieder reproduziert werden kann.

Es wird davon ausgegangen, daß sich vor Beginn einer Messung oder auch im Störfall, bei dem — beispielsweise durch Stromausfall — bekanntlich bei inkrementalen Positionsmeßeinrichtungen der Positionswert verloren geht, die relativ zueinander beweglichen, zu messenden Objekte $O1$, $O2$ im Stillstand befinden. Die erste Teilscheibe $S1$ befindet sich also in einer Position, in der die Lage ihres Teilungsnulldpunktes relativ zum Gehäuse G nicht bekannt ist.

Zur Gewinnung dieser Bezugsposition muß nun die momentane Position der ersten Teilscheibe $S1$ bezüglich des Gehäuses G bestimmt werden. Zu diesem Zweck wird die Eichbetriebsart eingeschaltet, indem die zweite Abtasteinrichtung $A2$ von einem im Gehäuse G befestigten Motor M über ein Getriebe Z in Drehung versetzt wird. Zuerst möge beispielsweise das zweite Referenzmarkenabtafstfeld $RF2$ auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte $AP2$ die zweite Referenzmarke $R2$ auf der gehäusefesten dritten Teilscheibe $S3$ abtasten, so daß das zugehörige dritte Photoelement $P3$ der sich drehenden zweiten Abtasteinrichtung $A2$ ein Signal liefert, das den Zähler der Auswerteeinrichtung auf den Wert Null setzt und ihn gleichzeitig startet. Von diesem Zeitpunkt an werden die von den zugehörigen dritten Photoelementen $P3$ bei der Abtastung der zweiten Inkrementalteiling $T2$ der gehäusefesten dritten Teilscheibe $S3$ mittels der zugehörigen zweiten Teilungsabtafstfelder $TF21$, $TF22$ auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte $AP2$ erzeugten periodischen Analogsignale ausgewertet und die Zählimpulse dem Zähler zugeführt.

Nach dem Zählerstart und dem Beginn der Zählung der Teilungsinkremente der zweiten Inkrementalteiling $T2$ wird irgendwann die erste Referenzmarke $R1$ auf der stillstehenden zweiten Teilscheibe $S2$ vom zugehörigen ersten Referenzmarkenabtafstfeld $RF1$ auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte $AP2$ abgetastet und durch ein Signal des zugehörigen zweiten Photoelements $P2$ der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ der Zähler der Auswerteeinrichtung gestoppt. Der im Zähler ermittelte Zählwert für den Verstellweg der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ in Form des Drehwinkels zwischen der ersten Referenzmarke $R1$ und der zweiten Referenzmarke $R2$ gibt direkt den absoluten Positionswert an, den die erste Teilscheibe $S1$ momentan zum Gehäuse G einnimmt, da die beiden Referenzmarken $R1$, $R2$ direkt den Teilungsnulldpunkt der zugehörigen Inkrementalteilingen $T1$, $T2$ darstellen. Die zweite Abtasteinrichtung $A2$ wird wieder in etwa in ihre Ausgangslage zurückgedreht und der Motor M stillgesetzt; der Eichvorgang ist damit beendet.

Vom Zeitpunkt der Abtastung der ersten Referenzmarke $R1$ an kann der Zähler für den eigentlichen Meßvorgang wieder von den Zählimpulsen gespeist werden, die bei der Drehung der ersten Teilscheibe $S1$ bezüglich

des Gehäuses G durch die Abtastung der ersten Inkrementalteiling $T1$ mittels der beiden ersten Teilungsabtafstfelder auf der gehäusefesten ersten Abtastplatte $AP1$ und mittels der beiden zugehörigen ersten Photoelemente $P1$ der ersten Abtasteinrichtung $A1$ erzeugt werden. Beim Auftreten von Störungen, beispielsweise bei Stromausfall, kann die Bezugsposition für die erste Teilscheibe $S1$ sinngemäß mittels des vorbeschriebenen Eichvorgangs reproduziert werden, auch wenn die erste Teilscheibe $S1$ nicht aus ihrer Momentanposition heraus bewegt werden kann, weil beispielsweise gerade ein Werkzeug, das über den Arm des Industrieroboters mit der Welle W in Wirkverbindung steht, sich im Eingriff an einem zu bearbeitenden Werkstück befindet, wenn die Störung auftritt.

Das Vorsehen nur einer ersten Referenzmarke $R1$ auf der zweiten Teilscheibe $S2$ und nur einer zweiten Referenzmarke $R2$ auf der dritten Teilscheibe $S3$ besitzt den Vorteil einer besonders einfachen Herstellung der beiden Teilscheiben $S2$, $S3$.

Die Drehung der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ erfolgt für den Eichvorgang oder den Reproduktionsvorgang wegen der mit der zweiten Beleuchtungseinheit $B2$ und dem zweiten Photoelement $P2$ sowie den dritten Photoelementen $P3$ verbundenen elektrischen Leitungen $E1$ nur über einen Schwenkbereich, der etwas größer als ein Vollkreis ist, und zwar in beiden Drehrichtungen. Die Winkelmeßeinrichtung ist über elektrische Leitungen $E2$ mit der Auswerteeinrichtung und einer Stromversorgung verbunden.

In nicht dargestellter Weise kann die Stromversorgung der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ statt durch die elektrischen Leitungen $E1$ auch durch Schleifringe erfolgen; in diesem Fall kann die zweite Abtasteinrichtung $A2$ in beiden Drehrichtungen um beliebig viele Umdrehungen gedreht werden, so daß ein Zurückdrehen der zweiten Abtasteinrichtung $A2$ annähernd in ihre Ausgangslage nach einem Eichvorgang oder einem Reproduktionsvorgang nicht mehr erforderlich ist.

In Fig. 5 ist eine weitere Winkelmeßeinrichtung im Längsschnitt dargestellt, die im wesentlichen mit der Winkelmeßeinrichtung nach Fig. 1 übereinstimmt und dementsprechend auch die gleichen Bezugszeichen aufweist.

An der Welle W ist konzentrisch zur ersten Teilscheibe $S1$ eine zweite Teilscheibe $S2$ mit der ersten Inkrementalteiling $T1$ der ersten Teilscheibe $S1$ absolut zugeordneten ersten Referenzmarken $R1_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) befestigt, denen zur Identifizierung jeweils erste Codemarken $C1_i$ zugeordnet sind (Fig. 6). In der Ebene der zweiten Teilscheibe $S2$ ist an ihrer Peripherie konzentrisch eine kreisringförmige dritte Teilscheibe $S3$ angeordnet, die über eine transparente Trägerplatte TP am Gehäuse G befestigt ist und eine zweite Inkrementalteiling $T2$ und der zweiten Inkrementalteiling $T2$ absolut zugeordnete zweite Referenzmarken $R2_i$ ($i = 1, 2, \dots, n$) aufweist, denen zur Identifizierung jeweils zweite Codemarken $C2_i$ zugeordnet sind (Fig. 7).

Die ersten Referenzmarken $R1_i$ und die zugehörigen ersten Codemarken $C1_i$ der zweiten Teilscheibe $S2$ sowie die zweite Inkrementalteiling $T2$, die zweiten Referenzmarken $R2_i$ und die zugehörigen zweiten Codemarken $C2_i$ werden ebenfalls lichtelektrisch von einer zweiten Abtasteinrichtung $A2$ abgetastet, die eine zweite Beleuchtungseinheit $B2$, einen zweiten Kondensor $K2$, eine zweite Abtastplatte $AP2$ sowie zweite Photoelemente $P2$ und dritte Photoelemente $P3$ aufweist und im Gehäuse G auf der Welle W mittels Lager

L2 relativ zur zweiten Teilscheibe *S2* und zur dritten Teilscheibe *S3* drehbar gelagert ist.

Auf der zweiten Abtastplatte *AP2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* sind der zweiten Inkrementalteiling *T2* der dritten Teilscheibe *S3* zwei zweite Teilungsabastfelder *TF21*, *TF22* zugeordnet, die jeweils um ein Viertel der Teilungsperiode der zugehörigen zweiten Inkrementalteiling *T2* zur Erkennung der Drehrichtung der zweiten Abtastplatte *AP2* zueinander versetzt sind; die Teilungen der beiden zweiten Teilungsabastfelder *TF21*, *TF22* stimmen mit der zweiten Inkrementalteiling *T2* überein.

Die ersten Referenzmarken *R1*; der zweiten Teilscheibe *S2* und die zweiten Referenzmarken *R2*; der dritten Teilscheibe *S3* bestehen jeweils aus identischen Strichgruppen mit einer bestimmten unregelmäßigen Strichverteilung, denen auf der zweiten Abtastplatte *AP2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* ein erstes Referenzmarkenabastfeld *RF1* und ein zweites Referenzmarkenabastfeld *RF2* mit einer identischen Strichverteilung zugeordnet sind (Fig. 8). Die Absolutpositionen der ersten Referenzmarken *R1*; zum Teilungsnullpunkt der ersten Inkrementalteiling *T1* werden durch die zugehörigen ersten Codemarken *C1*; und die Absolutpositionen der zweiten Referenzmarken *R2*; zum Teilungsnullpunkt der zweiten Inkrementalteiling *T2* durch die zugehörigen zweiten Codemarken *C2*; gekennzeichnet, die jeweils die Absolutpositionen der zugehörigen ersten Referenzmarken *R1*; und zweiten Referenzmarken *R2*; als codierte Information, beispielsweise als sogenannte Barcode enthalten. Den ersten Codemarken *C1*; sind auf der zweiten Abtastplatte *AP2* ein erstes Codemarkenabastfeld *CF1* und den zweiten Codemarken *C2*; ein zweites Codemarkenabastfeld *CF2* zugeordnet. Dem ersten Referenzmarkenabastfeld *RF1* und dem ersten Codemarkenabastfeld *CF1* auf der zweiten Abtastplatte *AP2* sind jeweils zweite Photoelemente *P2* und den beiden zweiten Teilungsabastfeldern *TF21*, *TF22*, dem zweiten Referenzmarkenabastfeld *RF2* und dem zweiten Codemarkenabastfeld *CF2* jeweils dritte Photoelemente *P3* in der zweiten Abtasteinrichtung *A2* zugeordnet.

Zur Gewinnung der Bezugsposition muß nun die momentane Position der ersten Teilscheibe *S1* bezüglich des Gehäuses *G* bestimmt werden. Zu diesem Zweck wird die Eichbetriebsart eingeschaltet, indem die zweite Abtasteinrichtung *A2* von einem im Gehäuse *G* befestigten Motor *M* über ein Getriebe *Z* in Drehung versetzt wird. Zuerst möge beispielsweise das zweite Referenzmarkenabastfeld *RF2* auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte *AP2* eine zweite Referenzmarke *R2*; auf der gehäusefesten dritten Teilscheibe *S3* abtasten, so daß das zugehörige dritte Photoelement *P3* der sich drehenden zweiten Abtasteinrichtung *A2* ein Signal liefert, das den Zähler der Auswerteeinrichtung auf den Wert Null setzt und ihn gleichzeitig startet. Von diesem Zeitpunkt an werden die von den zugehörigen dritten Photoelementen *P3* bei der Abtastung der zweiten Inkrementalteiling *T2* der gehäusefesten dritten Teilscheibe *S3* mittels der zugehörigen zweiten Teilungsabastfelder *TF21*, *TF22* auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte *AP2* erzeugten periodischen Analogsignale ausgewertet und die Zählimpulse dem Zähler zugeführt.

Nach dem Zählerstart und dem Beginn der Zählung der Teilungsinkremente der zweiten Inkrementalteiling *T2* wird irgendwann die nächstgelegene erste Referenzmarke *R1*; auf der stillstehenden zweiten Teilschei-

be *S2* vom zugehörigen ersten Referenzmarkenabastfeld *RF1* auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte *AP2* abgetastet und durch ein Signal des zugehörigen zweiten Photoelements *P2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* der Zähler der Auswerteeinrichtung gestoppt. Gleichzeitig hat das erste Codemarkenabastfeld *CF1* auf der zweiten Abtastplatte *AP2* aus der der abgetasteten ersten Referenzmarke *R1*; zugehörigen ersten Codemarke *C1*; den absoluten Positionswert der ersten Referenzmarke *R1*; abgelesen. Bei der Abtastung der zweiten Referenzmarke *R2*; wurde gleichzeitig aus der zugeordneten zweiten Codemarke *C2*; vom zugehörigen zweiten Codemarkenabastfeld *CF2* auf der zweiten Abtastplatte *AP2* der absolute Positionswert dieser zweiten Referenzmarke *R2*; abgelesen. Diese beiden absoluten Positionswerte der ersten Referenzmarke *R1*; und der zweiten Referenzmarke *R2*; werden in die Auswerteeinrichtung eingespeist. Dem absoluten Positionswert der ersten Referenzmarke *R1*; werden der absolute Positionswert der zweiten Referenzmarke *R2*; sowie der Zählwert im Zähler, der dem Winkelabstand zwischen der ersten Referenzmarke *R1*; und der zweiten Referenzmarke *R2*; entspricht, vorzeichenrichtig überlagert. In der Auswerteeinrichtung steht nun der absolute Positionswert an, den die erste Teilscheibe *S1* zum Gehäuse *G* momentan einnimmt. Die zweite Abtasteinrichtung *A2* wird wieder in etwa in ihre Ausgangslage zurückgedreht und der Motor *M* stillgesetzt; der Eichvorgang ist damit beendet.

Vom Zeitpunkt der Abtastung der ersten Referenzmarke *R1*; an kann der Zähler für den eigentlichen Meßvorgang wieder von den Zählimpulsen gespeist werden, die bei der Drehung der ersten Teilscheibe *S1* bezüglich des Gehäuses *G* durch die Abtastung der ersten Inkrementalteiling *T1* mittels der beiden ersten Teilungsabastfelder auf der gehäusefesten ersten Abtastplatte *AP1* und mittels der beiden zugehörigen ersten Photoelemente *P1* der ersten Abtasteinrichtung *A1* erzeugt werden. Beim Auftreten von Störungen, beispielsweise bei Stromausfall, kann die Bezugsposition für die erste Teilscheibe *S1* sinngemäß mittels des vorbeschriebenen Eichvorgangs reproduziert werden, auch wenn die erste Teilscheibe *S1* nicht aus ihrer Momentanposition heraus bewegt werden kann, weil beispielsweise gerade ein Werkzeug, das über den Arm des Industrieroboters mit der Welle *W* in Wirkverbindung steht, sich im Eingriff an einem zu bearbeitenden Werkstück befindet, wenn die Störung auftritt.

Das Vorsehen mehrerer erster Referenzmarken *R1*; auf der zweiten Teilscheibe *S2* und mehrerer zweiter Referenzmarken *R2*; auf der dritten Teilscheibe *S3* weist den Vorteil auf, daß von der zweiten Abtasteinrichtung *A2* zur Abtastung einer zweiten Referenzmarke *R2*; und der nächstgelegenen ersten Referenzmarke *R1*; nur geringe Winkelwege beim Eichvorgang oder beim Reproduktionsvorgang zurückgelegt werden müssen, so daß auf einfache und schnelle Weise auch zwischen einzelnen Bearbeitungsabläufen beispielsweise programmgesteuerte Überprüfungen der jeweiligen Bezugspositionen ermöglicht werden.

Die Drehung der zweiten Abtasteinrichtung *A2* erfolgt für den Eichvorgang oder den Reproduktionsvorgang wegen der mit der zweiten Beleuchtungseinheit *B2* und den zweiten Photoelementen *P2* sowie den dritten Photoelementen *P3* verbundenen elektrischen Leitungen *E1* ebenfalls über einen Schwenkbereich, der etwas größer als ein Vollkreis ist, und zwar in beiden Drehrichtungen. Die Winkelmeßeinrichtung ist über

elektrische Leitungen *E2* mit der Auswerteeinrichtung und einer Stromversorgung verbunden.

In nicht dargestellter Weise kann die Stromversorgung der zweiten Abtasteinrichtung *A2* statt durch die elektrischen Leitungen *E1* auch durch Schleifringe erfolgen. In diesem Fall kann die zweite Abtasteinrichtung *A2* in beiden Drehrichtungen um beliebig viele Umdrehungen gedreht werden, so daß ein Zurückdrehen der zweiten Abtasteinrichtung *A2* annähernd in ihre Ausgangslage nach einem Eichvorgang oder einem Reproduktionsvorgang nicht mehr erforderlich ist.

In Fig. 9 ist eine andere Winkelmeßeinrichtung im Längsschnitt dargestellt, die im wesentlichen mit der Winkelmeßeinrichtung gemäß Fig. 5 übereinstimmt und dementsprechend auch die gleichen Bezugszeichen aufweist. Jedoch besteht die zweite Abtasteinrichtung *A2'* aus zwei Abtasteinheiten *AE2'*, *AE2''* mit zwei Beleuchtungseinheiten *B2'*, *B2''*, zwei Kondensoren *K2'*, *K2''* und zwei Abtastplatten *AP2'*, *AP2''*. Diese beiden getrennten Abtastplatten *AP2'*, *AP2''* ermöglichen es, die transparente Trägerplatte *TP* der Fig. 5 direkt als dritte Teilscheibe *S3'* auszubilden, so daß die kreisringförmige dritte Teilscheibe *S3* der Fig. 5, die schwierig herauszustellen ist, entfallen kann. Der zweiten Teilscheibe *S2* können somit die Abtastplatte *AP2'* und der dritten Teilscheibe *S3'* die Abtastplatte *AP2''* der zweiten Abtasteinrichtung *A2'* in einem optimalen Abstand zugeordnet werden.

Auf der zweiten Teilscheibe *S2* gemäß Fig. 6 ist noch eine dritte Inkrementalteilung *T3* vorgesehen, die von einem dritten Teilungsabtastfeld *TF3* auf der sich drehenden zweiten Abtastplatte *AP2* bei einem Eichvorgang oder einem Reproduktionsvorgang abgetastet wird. Das bei dieser Abtastung vom zugehörigen zweiten Photoelement *P2* der zweiten Abtasteinrichtung *A2* gewonnene Analogsignal wird mit dem aus der ersten Referenzmarke *R1* gewonnenen Referenzsignal logisch verknüpft, so daß dieses Referenzsignal zur nachfolgenden Auswertung verbessert werden kann.

Die Erfindung ist weder auf die gezeigten Winkelmeßeinrichtungen noch auf lichtelektrische Abtastprinzipien beschränkt.

Hierzu 5 Blatt Zeichnungen

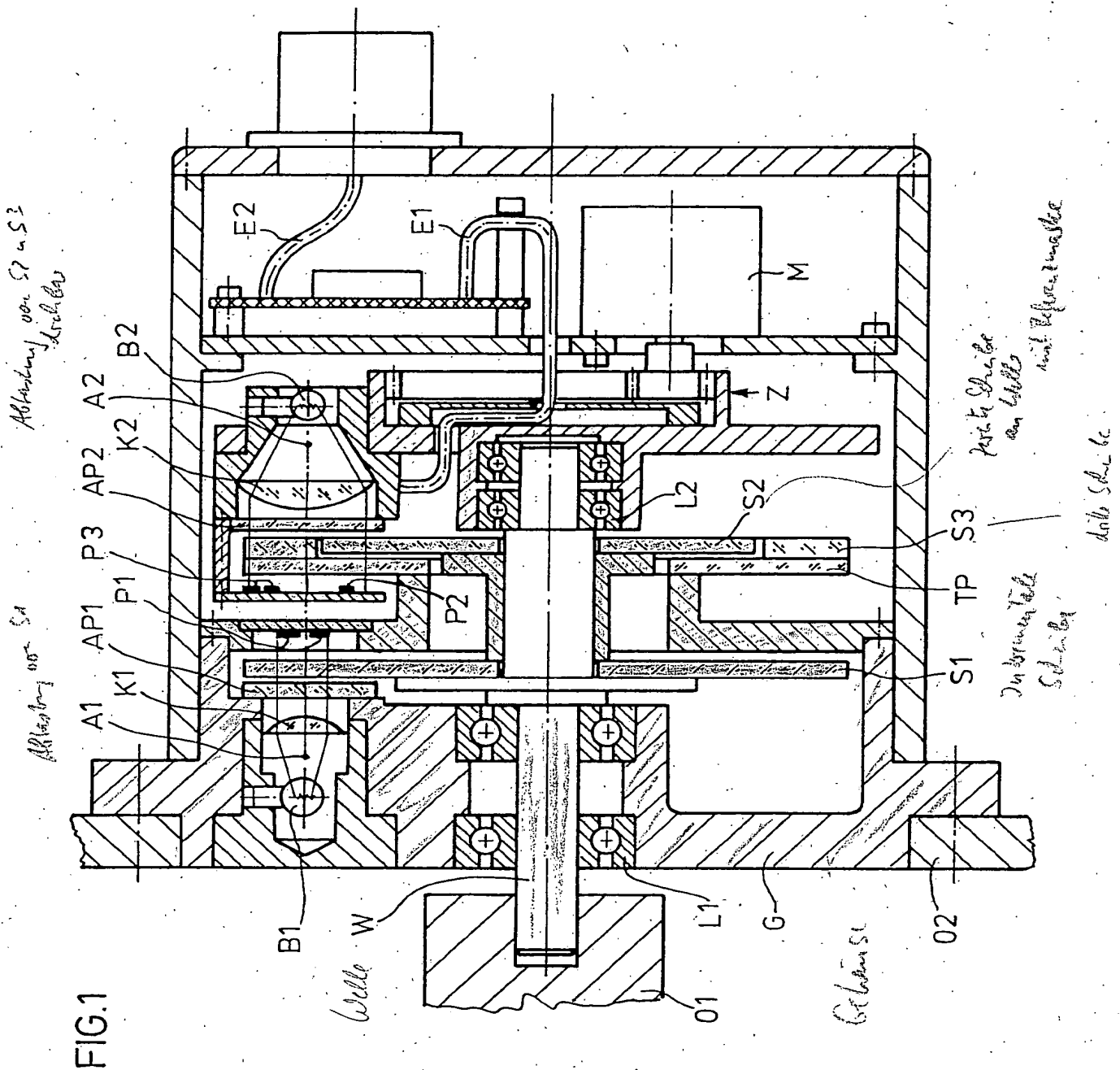
45

50

55

60

65



Instrumentale Code-Schleife S1 muss bei Neustart in Position für feldweise Ermittlung werden. Hierzu wird Winkel zwischen Markierungen auf S2 (mit S1 verbunden) und S3 (mit feldweise verbunden) durch drehende Ablesung AP2 ermittelt.

FIG. 2

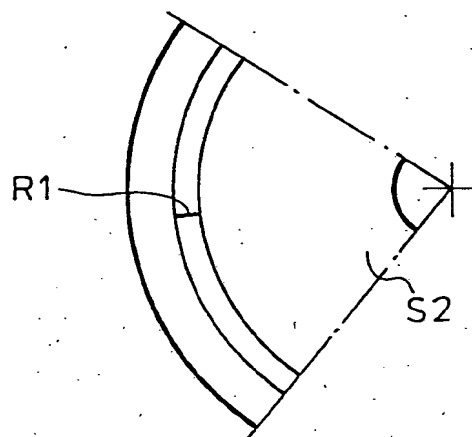


FIG. 3

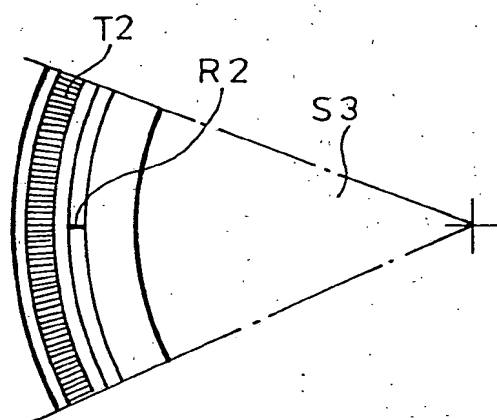
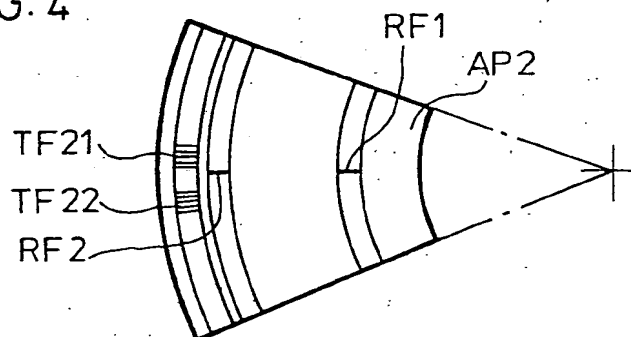


FIG. 4



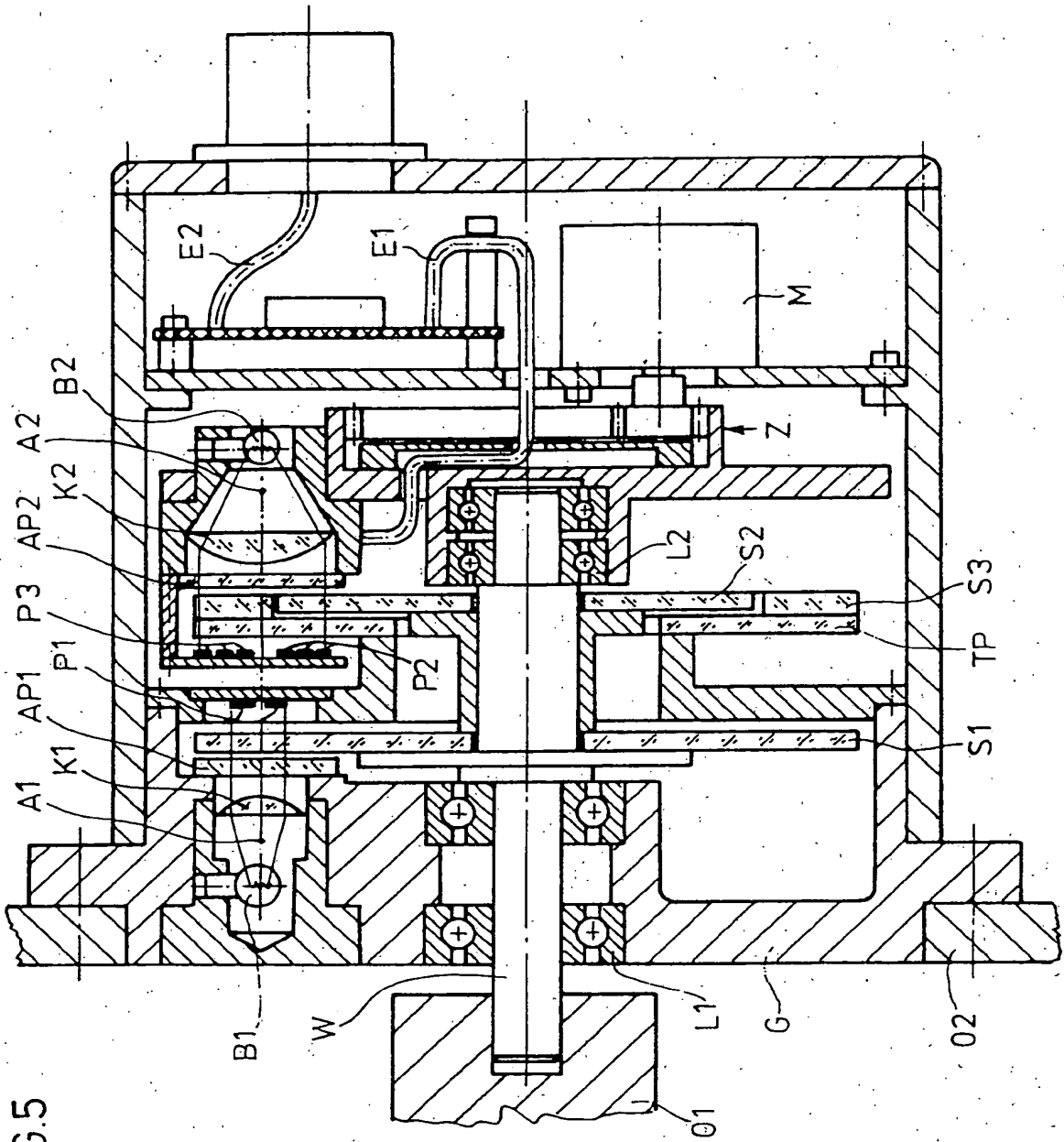


FIG. 5

FIG. 6

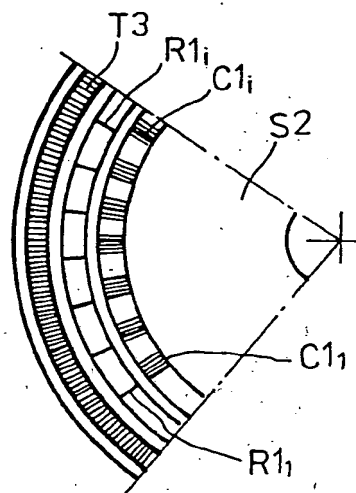


FIG. 7

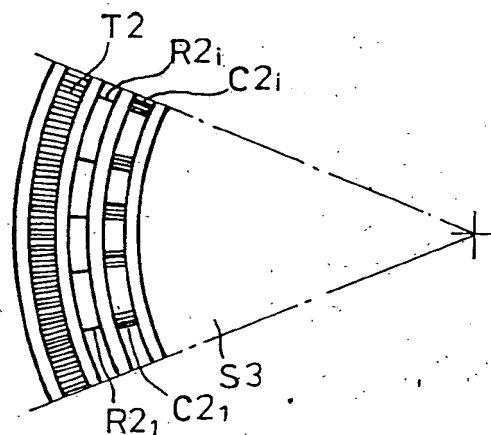


FIG. 8

